
EST02. Las antenas.

3. PARÁMETROS DE UNA ANTENA.

- 1. Frecuencia de resonancia.**
- 2. Resistencias de radiación y de pérdidas.**
- 3. Impedancia.**
- 4. Relación de Onda Estacionaria (ROE).**
- 5. Ancho de banda.**
- 6. Directividad.**
- 7. Ganancia.**
- 8. Apertura del haz.**
- 9. Polarización.**
- 10. Rendimiento.**
- 11. Carga al viento.**

Una antena se caracteriza por diversos parámetros: frecuencia de resonancia, diagrama de radiación, impedancia, directividad, banda de paso, etc. En este documento vamos a repasar los más importantes.

1. Frecuencia de resonancia.

La frecuencia de resonancia es aquella para la cual se anulan las componentes reactivas de la antena, presentando únicamente una componente resistiva.

En estas condiciones, la transformación de energía eléctrica en ondas electromagnéticas (o viceversa) será máxima. Una misma antena puede presentar varias resonancias, en diferentes frecuencias múltiplos de su longitud. Sin embargo, no en todas se consiguen los mismos resultados, por lo que se utilizarán aquellos múltiplos de la longitud de onda que permitan una mejor radiación. De esto modo, no se emplean las antenas de longitud igual a la longitud de la onda a radiar, mientras que es muy frecuente encontrar antenas que resuenan a la mitad de esta longitud de onda.

La frecuencia de resonancia de una antena depende directamente del tamaño del elemento activo. Hay antenas que incorporan extensores móviles en los extremos de sus varillas. Estos elementos permiten modificar la longitud efectiva de la antena, permitiendo el ajuste de su frecuencia de resonancia exactamente sobre el canal que se desea emitir.

2. Resistencias de radiación y de pérdidas.

La resistencia de una antena es un factor que necesariamente debemos conocer, porque permite su adaptación a la resistencia del emisor, asegurando así la máxima transferencia de energía.

Una antena resonante absorbe la potencia que le entrega el emisor, convirtiendo una gran parte de ella en ondas electromagnéticas. De esta capacidad de convertir potencia eléctrica depende la resistencia de radiación. Podemos considerar que, en la frecuencia de resonancia, una antena estará formada eléctricamente por dos resistencias: la de radiación (**R**), que aprovecha la mayor parte de la corriente aplicada, emitiéndola; y la de pérdidas (**r**), que representa la cantidad de potencia que se pierde por el calentamiento de los distintos elementos de la antena.

Una antena será tanto más eficaz cuanto mayor sea la relación R/r .

En ocasiones, se habla de coeficiente de eficacia (**η**) de una antena, que viene definido por la relación:

$$\eta = \frac{R}{r + R}$$

3. Impedancia.

Es la oposición que presenta la antena a la señal aplicada y se mide en ohmios (Ω). La impedancia presenta valores mínimos en las frecuencias de resonancia, correspondientes a los múltiplos impares de la mitad de la longitud de onda de la señal ($\lambda/2$, $3\lambda/2$, etc.). Es decir, en una antena resonante, su impedancia de entrada es puramente resistiva como ya hemos visto anteriormente. Pero puede hacerse inductiva o capacitiva, según que la longitud de la antena sea mayor o menor que la longitud de resonancia $\lambda/2$.

La Figura 1 muestra la impedancia Z de la antena, para antenas de diversas longitudes. Hay que hacer notar que los valores mostrados en la figura dependen también, aunque sea ligeramente, del diámetro d .

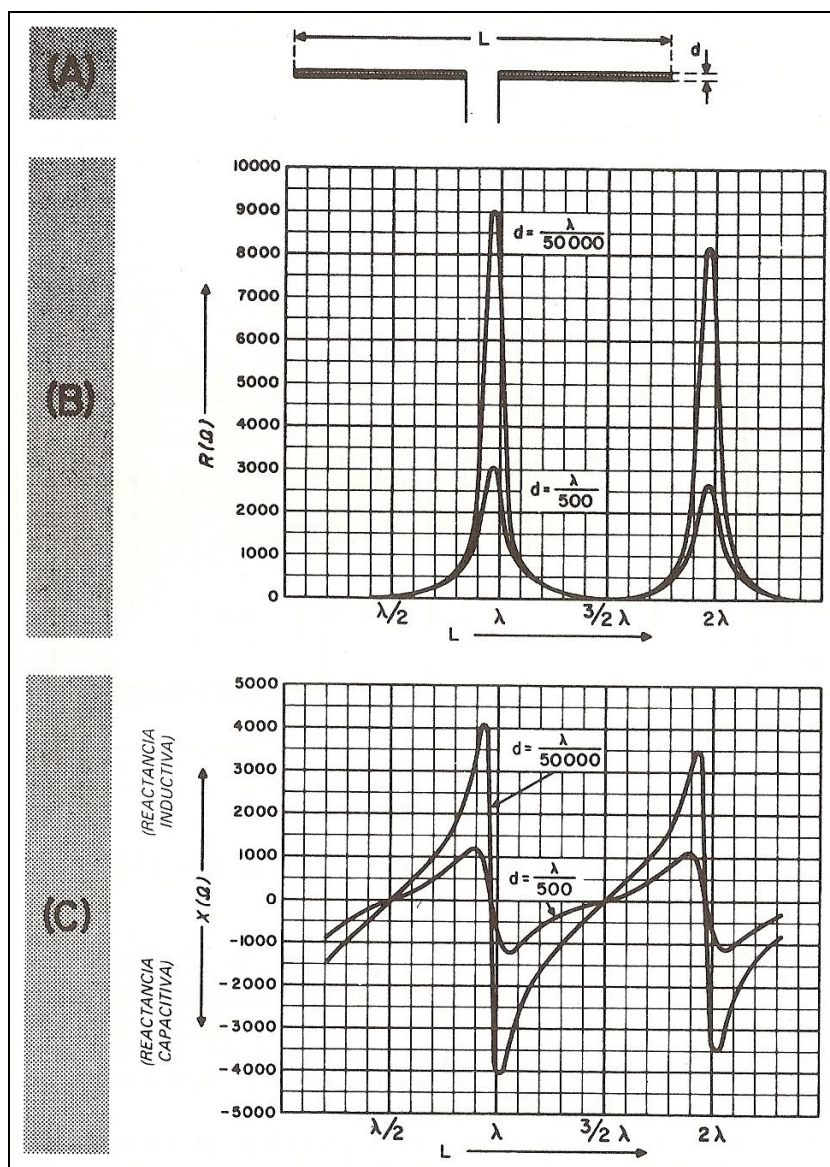


Figura 1. Variación de la resistencia y reactancia de una antena en función de su longitud.

Para los múltiplos enteros de la longitud de onda (λ , 2λ , ..., $n\lambda$) también se producen nulos de las reactancias inductiva y capacitiva, pero la resistencia mantiene un valor muy elevado, por lo que la radiación efectiva es menor (Figura 2).

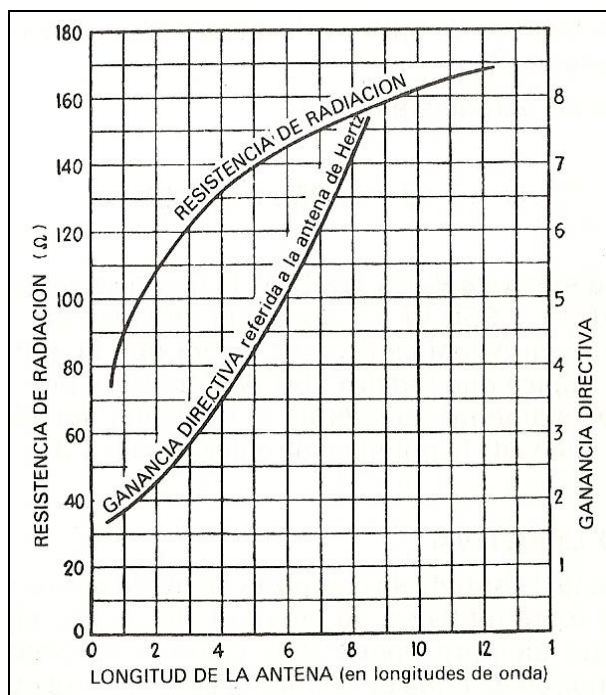


Figura 2. Resistencia de radiación y ganancia directiva para antenas resonantes de diferentes longitudes de onda.

4. Relación de Onda Estacionaria (ROE).

La señal aplicada a una antena no es transferida en su totalidad, sino que una parte será devuelta como señal reflejada hacia el emisor. Esto se debe a que la antena no presenta una impedancia exactamente igual a la del equipo que entrega la señal, y provoca una inadaptación que disminuye el rendimiento del sistema.

El valor de esta inadaptación debe ser muy bajo para poder aprovechar al máximo la señal entregada. Se expresa a través de un factor que puede variar entre la unidad (cuando la totalidad de la señal fuese transferida, sin pérdida alguna) y el infinito (cuando la señal radiada fuese nula), reflejándose toda la potencia en el interior del cable. Los valores típicos para este factor se encuentran entre 1,05 y 1,3 unidades.

5. Ancho de banda.

Como cualquier otro filtro, la antena no reacciona únicamente a la frecuencia de resonancia. Las frecuencias cercanas a ésta también serán transferidas, aunque no con tanto aprovechamiento.

La banda de paso o ancho de banda de una antena es el dominio de frecuencias dentro del cual opera satisfactoriamente. Si colocamos un dipolo en un campo electromagnético homogéneo, cuya intensidad permanece constante, pero cuya frecuencia (y por tanto su longitud de onda) varía, la tensión inducida E en el dipolo es máxima para una longitud de onda $\lambda/2$; si la frecuencia aumenta o disminuye, la tensión inducida disminuye como se indica en la figura siguiente.

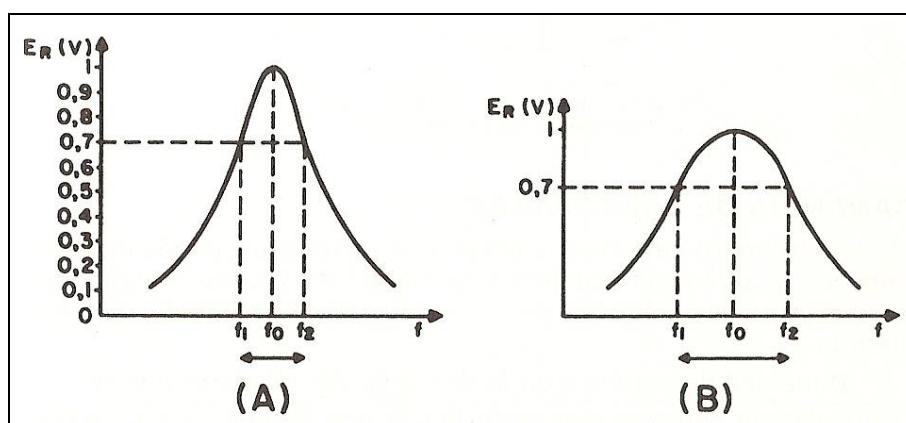


Figura 3. Banda de paso de una antena. A) Con un diámetro estrecho. B) Con un diámetro más ancho.

Por definición, el ancho de banda es la diferencia entre las frecuencias ($f_2 - f_1$) para las cuales la tensión E_R cae 0,7 (70%) de su valor máximo. Expresado en modo logarítmico, las frecuencias válidas serán aquellas cuyo nivel descienda sobre el máximo menos de 3 decibelios.

Aunque las antenas simples presentan una respuesta en frecuencia de tipo gaussiano (forma de campana), a menudo nos puede interesar una curva de respuesta en frecuencia más plana, que transmita de un modo más lineal las componentes de frecuencia de la señal. Para conseguir este efecto, se recurre a estructuras complejas de antena con elementos adicionales, que permiten aumentar considerablemente el ancho de banda y la planicidad de su respuesta en frecuencia. A modo de ejemplo, en la Figura 3, se muestra cómo el diámetro de la antena influye en la curva de resonancia.

6. Directividad.

En ocasiones nos puede interesar que una antena no reaccione por igual en todas las direcciones, por ejemplo, para evitar interferencias de señales recibidas desde distintas direcciones. Para ello, se puede recurrir a la utilización de antenas que, por su diseño, presentan una radiación no uniforme. En este caso, aparecen, normalmente, direcciones en las que se favorece la radiación, a costa de reducirla en el resto.

Para representarlo se mide la cantidad de señal emitida (o recibida) en diferentes ángulos verticales y horizontales, trazando un diagrama polar con los resultados en cada plano, que

denominamos **diagrama de radiación** y que vimos en el documento denominado “Principios de las antenas”.

La figura siguiente, muestra un ejemplo de diagrama de radiación.

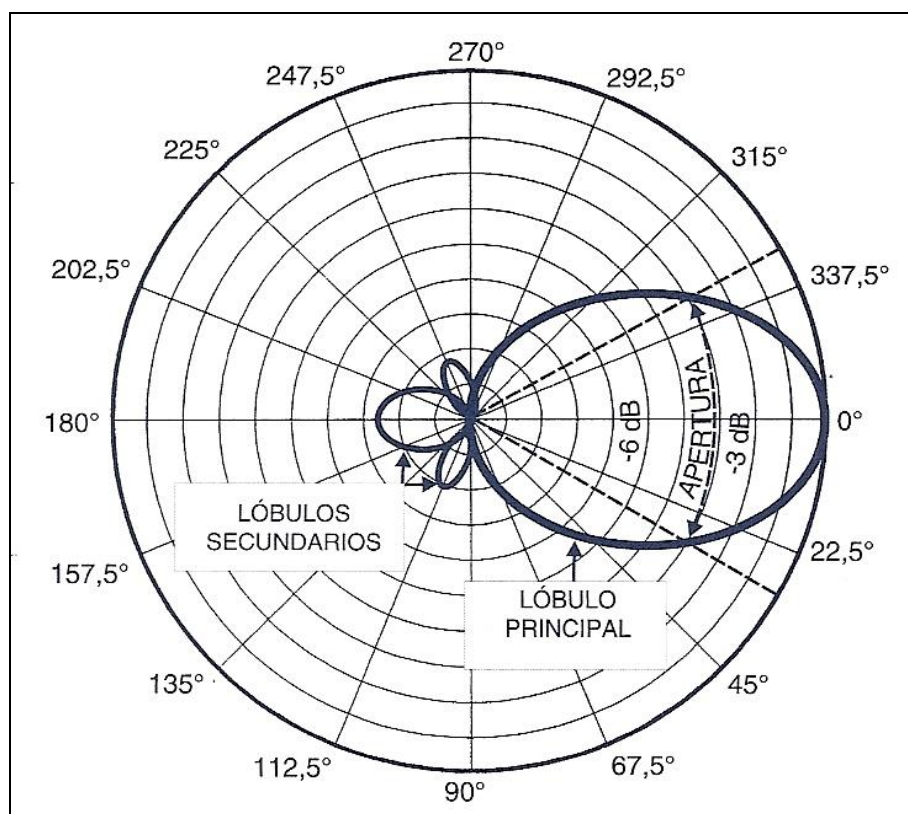


Figura 4. Diagrama de radiación y apertura de haz de una antena.

7. Ganancia.

Como la antena es un elemento pasivo, no es posible que se produzca una señal radiada mayor que la que se le aplica. Esto supone que, en realidad, una antena nunca puede tener ganancia absoluta. Sin embargo, lo que sí podemos hacer es modificar la antena para concentrar la potencia radiada en una sola dirección, por lo que la señal emitida en este eje será superior a la que se radiaría con una antena omnidireccional. Éste es el concepto de **ganancia de directividad** o **ganancia directiva**.

Así pues, la ganancia de directividad se refiere a las antenas directivas, donde la potencia emitida en la dirección del lóbulo principal es mucho mayor que en cualquier otra dirección. Se expresa por comparación respecto a una antena isotrópica¹, e indica la cantidad de señal radiada o recibida desde la dirección en la que se produce el máximo rendimiento.

¹ Una antena isotrópica emite la misma potencia en cualquier dirección.

$$\text{Ganancia de directividad} = \frac{\text{Densidad de potencia en la dirección del lóbulo principal}}{\text{Densidad de potencia que existiría con una antena isotrópica}}$$

La ganancia de una antena disminuye a medida que nos alejamos de la frecuencia de resonancia, así como si la medimos en ángulos diferentes al de máxima radiación.

8. Apertura del haz.

Para una antena directiva, el ancho del haz o apertura del haz se define como el ángulo existente entre los puntos cuya densidad de potencia radiada es igual a la mitad de la máxima; es también la separación angular que corresponde a una atenuación de intensidad 3 dB sobre el diagrama de radiación de la antena (Figura 4). Esta definición se aplica con mayor frecuencia al lóbulo principal de una antena directiva.

Lógicamente, cuanto mayor sea la directividad de la antena, más pequeña es su apertura de haz.

9. Polarización.

El plano que ocupa el elemento activo de la antena definirá la disposición de los campos eléctrico y magnético durante la propagación de las señales emitidas, así como las señales que captará con mayor nivel en el caso de la antena receptora.

Por ello, se establece el concepto de polarización, que se define como el plano que ocupa el campo eléctrico de la señal que genera. Como ya vimos en el documento “Ondas electromagnéticas”, podemos encontrar antenas de polarización lineal (vertical u horizontal) o circular (levógira o dextrógira).

10. Rendimiento.

Ya hemos visto, que existen elementos que provocan una disminución de la señal que idealmente podría emitir o recibir una antena. A los analizados, de naturaleza eléctrica, se deben sumar otros de tipo mecánico, provocados frecuentemente por la construcción física de la antena.

Por ello, se establece el concepto de rendimiento, que define la eficacia de trabajo de la antena respecto de la ideal. Su cuantificación se suele efectuar en porcentaje, aunque también podemos encontrarlo como coeficiente menor que la unidad.

11. Carga al viento.

Es un parámetro físico que evalúa la resistencia que presentará la antena al viento, una vez montada sobre el mástil.



I.I.T. Satafi

Departamento de Electricidad y Electrónica

CFGS de Sistemas de Telecomunicaciones e Informáticos



Este parámetro se expresa en kilogramos y es importante tenerlo en cuenta a la hora de elegir el mástil adecuado para soportar la antena, así como para determinar el orden de ubicación si se trata de mástiles con varias antenas.